



JNPH

Volume 8 No. 1 (April 2020)

© The Author(s) 2020

KOMBINASI LIMBAH SEKAM PADI DAN LIMBAH KULIT KAPUK SEBAGAI ADSORBEN DALAM MENURUNKAN KADAR BESI (Fe) DI SUMUR GALI WARGA RAWA MAKMUR KOTA BENGKULU

COMBINATION OF RICE HUSK WASTE AND KAPUK SKIN WASTE AS AN ADSORBEN IN REDUCING IRON (FE) LEVELS IN THE WELLS OF WELL RAWA MAKMUR CITIZENS IN BENGKULU CITY

RIANG ADEKO, MUALIM MUALIM
POLITEKNIK KESEHATAN KEMENTERIAN KESEHATAN BENGKULU,
JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN, JALAN INDRAGIRI
NOMOR 03 PADANG HARAPAN
Email: riangadeko1807@gmail.com

ABSTRAK

Air merupakan salah satu dari ketiga komponen yang membentuk bumi (zat padat, air dan atmosfer). Bumi di lindungi air sebanyak 70% sedangkan sisanya (30%) berupa dataran (dilihat dari permukaan bumi). Udara mengandung zat cair (uap air) sebanyak 15% dari tekanan atmosfer. Air merupakan kebutuhan dasar bagi kehidupan, khususnya bagi manusia yang selama hidupnya selalu memerlukan air. Air digunakan oleh manusia untuk keperluan sehari-hari seperti minum, mandi, cuci, kakus, dan sebagainya. Berdasarkan survey awal yang dilakukan pada tanggal 13 Februari 2019 kondisi air sumur gali warga RT 13 RW 03 Kelurahan Rawa Makmur Kecamatan Muara Bangkahulu setelah dilakukan pengukuran diperoleh hasil kekeruhan 113 NTU, Ph 6,50 ; Besi (Fe) 4.830 mg/l; dan kesadahan 1,02 mg/L. Dari hasil pengukuran pada survey awal diketahui bahwa air sumur gali warga RT 13 RW 03 Kelurahan Rawa Makmur Kecamatan Muara Bangkahulu Kota Bengkulu masih melebihi ambang batas yang dipersyaratkan oleh Permenkes RI No.32 tahun 2017. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui penurunan kadar Fe sebelum dan sesudah perlakuan dengan menggunakan variasi ketebalan kombinasi limbah sekam padi dan limbah kulit kapuk 20 cm, 30 cm, dan 50 cm serta untuk mengetahui variasi ketebalan paling efektif untuk menurunkan kadar Fe. Jenis penelitian ini menggunakan metode eksperimen semu (*quasi experimental*) dengan desain *post test only control group design*, yaitu penelitian dilakukan sebelum dan sesudah perlakuan. Kemudian dicari perbedaan antara pengukuran dari keduanya dan perbedaan ini dianggap sebagai akibat perlakuan. Hasil penelitian diperoleh variasi ketebalan paling efektif untuk menurunkan kadar Fe adalah dengan ketebalan 50 cm yang dapat menurunkan kadar besi (Fe) hingga 90.75 %. Hasil penelitian diperoleh bahwa semakin tebal adsorben maka semakin efektif penurunannya.

Kata kunci: Adsorben, Limbah sekam padi, Limbah kulit kapuk, Sumur Gali

ABSTRACT

Water is one of the three components that make up the earth (solids, water and atmosphere). The earth is protected by water as much as 70% while the rest (30%) is in the form of plains (seen from the surface of the earth). Air contains liquid (water vapor) as much as 15% of atmospheric pressure. Water is a basic need for life, especially for humans who throughout their lives always need water. Water is used by humans for daily purposes such as drinking, bathing, washing, toilet, and so on. Based on the initial survey conducted on February 13, 2019 the condition of dug well water in RT 13 RW 03 Rawa Makmur Sub-district, Muara Bangkahulu Subdistrict after measurement was obtained, the results of turbidity of 113 NTU, Ph 6.50; Iron (Fe) 4.830 mg/l ; and hardness 1.02 mg / L. From the results of measurements in the initial survey it was found that the dug well water of residents of RT 13 RW 03 Rawa Makmur Village, Muara Bangkahulu District, Bengkulu City still exceeded the threshold required by Permenkes RI No.32 of 2017. The purpose of this study was to determine the decrease in Fe levels before and after treatment by using a variation of the thickness combination of rice husk waste and kapok leather waste 20 cm, 30 cm and 50 cm and to find out the thickness variation most effectively to reduce Fe levels. This type of research uses quasi-experimental methods (quasi experimental) with post test only control group design, that is, the research is conducted before and after treatment. Then the difference between the measurements of the two and the difference is considered as a result of treatment. The results obtained by the variation of the thickness of the most effective way to reduce levels of Fe is a thickness of 50 cm which can reduce levels of iron (Fe) to 90.75%. The results showed that the thicker the adsorbent the more effective the decrease.

Keywords: Adsorbent, Waste from rice husk, Kapok skin waste, Dug Well

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu dari ketiga komponen yang membentuk bumi (zat padat, air dan atmosfer). Bumi di lindungi air sebanyak 70% sedangkan sisanya (30%) berupa dataran (dilihat dari permukaan bumi). Udara mengandung zat cair (uap air) sebanyak 15% dari tekanan atmosfer. (J.F.Gabriel.2001.79).

Rendahnya kualitas air bersih di Indonesia salah satunya adalah konsentrasi dari senyawa Fe yang tinggi dimana yang tertuang di dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No.32 tahun 2017 bahwasannya setiap komponen yang diperkenankan berada di dalamnya harus memenuhi syarat kualitas air bersih. Standar mutu air bersih untuk kebutuhan rumah tangga ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air

untuk keperluan *hygiene* sanitasi, kolam renang, *solus per aqua*, dan pemandian umum. Baku mutu Fe dan Mn yang diperbolehkan dalam air maksimal 1 mg/l dan 0,5 mg/l (Permenkes RI, 2017).

Logam Fe merupakan logam esensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah berlebih dapat menimbulkan efek racun. Tingginya kandungan logam Fe akan berdampak terhadap kesehatan manusia diantaranya bisa menyebabkan keracunan (muntah), kerusakan usus, penuaan dini hingga kematian mendadak, radang sendi, cacat lahir, gusi berdarah, kanker, sirosis ginjal, sembelit, diabetes, diare, pusing, mudah lelah, hepatitis, hipertensi, insomnia (Supriyantini, 2015).

Kandungan besi dalam air dapat berasal dari larutan batu-batuan yang mengandung senyawa Fe seperti Pyrit. Dalam buangan limbah industri kandungan besi berasal dari korosi pipa-pipa air mineral logam sebagai

hasil elektro kimia yang terjadi pada perubahan air yang mengandung padatan larut mempunyai sifat menghantarkan listrik dan ini mempercepat terjadinya korosi (Kamarati, 2018).

Kapuk (Indonesia), panju penjoi (Aceh), kabu-kabu, kakabu (melayu), kapeh panji, kapue, panji (minangkabau), randu (sunda dan jawa), kapo (Madura) merupakan salah satu tumbuhan yang ada Negara Indonesia, Ekuador, Brazil, Afrika Tengah, India, Serilangkah, Muang Thai, Vietnam, Filipina dan Kamboja. Kulit kapok dalam kehidupan sehari-hari masih dianggap sebagai limbah pertanian yang tidak berguna dan menimbulkan pencemaran. Mengingat jumlah tanaman kapok yang cukup besar di Indonesia maka penulis mencoba untuk memanfaatkan kulit buah kapok menjadi bahan yang mempunyai nilai ekonomi tinggi dengan mengolah kulit kapok menjadi arang aktif, karena arang aktif dapat dibuat dari hampir semua bahan yang mengandung unsur karbon dimana terdapat unsur karbon baik yang berasal dari hewan maupun nabati, antara lain adalah ampas tebu, tempurung kelapa, sekam padi dengan menambahkan bahan kimia sebagai pengaktif dimana semua itu sudah banyak dilakukan di kalangan masyarakat Indonesia (M. Fajar, 2014).

Kulit kapuk mengandung *Fixed Carbon* sebesar 20,10 -23,14% namun pemanfaatan kulit kapuk sebagai bahan dasar energi biomassa belum berkembang, hanya saja terbatas sebagai pengganti kayu bakar. Beberapa penelitian berupaya untuk dapat meningkatkan kegunaan dari kulit buah randu, antara lain sebagai sumber mineral untuk pembuatan sabun. Pada pengembangan kulit buah kapuk sebagai sumber dari energi baru terbarukan diperlukan penelitian untuk karakteristiknya sebagai dasar pemanfaatan yang dapat lebih baik (Faizal, 2018).

Pada skala nasional ketersediaan air bersih, hingga kini baru mencapai sekitar 60%. Artinya masih ada 40% atau sekitar 90 jutaan rakyat Indonesia terpaksa mempergunakan air yang tidak layak secara kesehatan untuk kehidupan sehari-hari. Di

Bengkulu penyediaan air bersih berkualitas sebesar 84,44% dengan jumlah penduduk Kota Bengkulu sebanyak 368.065 kepala keluarga (BPS Kota Bengkulu dan BPS RI 2017). Survey awal jumlah ketersediaan air bersih di Kelurahan Rawa Makmur 5.381 sarana air bersih dengan jumlah jiwa 6.245 jiwa dan jumlah rumah tangga 1.602. dengan luas wilayah Rawa Makmur 150 Km² (Puskemas Beringin Raya, 2017).

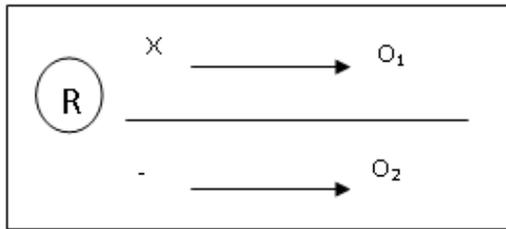
Berdasarkan survey awal yang dilakukan pada tanggal 13 Februari 2019 kondisi air sumur gali warga RT 13 RW 03 Kelurahan Rawa Makmur Kecamatan Muara Bangkahulu setelah dilakukan pengukuran diperoleh hasil kekeruhan 113 NTU, Ph 6,50; Besi (Fe) 4,830 mg/L; dan kesadahan 1,02 mg/L. Dari hasil pengukuran pada survey awal diketahui bahwa air sumur gali warga RT 13 RW 03 Kelurahan Rawa Makmur Kecamatan Muara Bangkahulu Kota Bengkulu masih melebihi ambang batas yang dipersyaratkan oleh Permenkes RI No.32 tahun 2017. Dalam hal ini kondisi sumur gali warga RT 13 RW 03 Kelurahan Rawa Makmur Kecamatan Muara Bangkahulu Kota Bengkulu lebih tinggi angka kontaminasi Fe dibandingkan dengan wilayah yang memiliki karakter yang sama dari wilayah lain seperti halnya wilayah Kelurahan Padang Serai dengan Fe (Adeko, 2017).

Mengatasi masalah tersebut, perlu dilakukan proses penjernihan air dengan membuat suatu alat penjernihan dengan media yang mudah diperoleh dipasaran yaitu karbon aktif. Karbon aktif dipilih karena mampu dalam proses penyerapan zat organik maupun anorganik, sebagai penukar kation dan katalis untuk berbagai reaksi. Bahan baku yang akan dikembangkan sebagai karbon aktif adalah limbah sekam padi dan limbah kulit kapuk.

METODE PENELITIAN

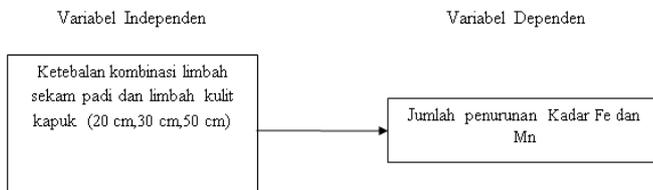
Desain penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif melalui pendekatan semu eksperimen (*Quasi Experimental*) dengan desain eksperimen *pos test only control group*

design merupakan subyek penelitian yang dibagi secara random kedalam kelompok perlakuan (X) dan kelompok kontrol yang tidak diberi perlakuan (-), kemudian variabel *outcomenya* diobservasi setelah periode yang telah ditentukan sehingga perbedaan hasil observasi antar kedua kelompok (O_1 dengan O_2) menunjukkan efek perlakuan.



Gambar 1. Desain Penelitian

Kerangka Konsep



Gambar 2. Kerangka Konsep

Hipotesis Penelitian

Ada perbedaan kadar Fe sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan dengan variasi ketebalan kombinasi limbah sekam padi dan limbah kulit kapuk 20 cm, 30 cm, dan 50 cm

Ada perbedaan kadar Fe sesudah dilakukan perlakuan dengan variasi ketebalan kombinasi limbah sekam padi dan limbah kulit kapuk 20 cm, 30 cm, dan 50 cm.

1. Alat dan Bahan
 - a. Alat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu :
 - a. Tong
 - b. Meteran/Mistar
 - c. Gelas Ukur
 - d. Jam
 - e. Fe dan Mn *test kit*
 - b. Bahan yang digunakan diantaranya :
 - a. Sekam padi
 - b. Kulit kapuk

- c. Jerigen
 - d. Gayung
2. Prosedur kerja

Pengambilan sampel

Pengambilan sampel air sumur RT 13 RW 03 Kelurahan Rawa Makmur Kecamatan Muara Bangkahulu Kota Bengkulu dilakukan melalui langkah-langkah kerja sebagai berikut:

1. Disiapkan botol yang akan digunakan untuk mengambil sampel air sumur.
2. Botol tersebut dibilas sebanyak tiga kali dengan air sumur sebelum mengambil sampel air sumur yang akan diperiksa.
3. Pengambilan air sumur dilakukan pada pagi hari untuk meyakinkan bahwa sampel benar-benar berasal dari air tanah dan belum terkontaminasi oleh aktifitas di sekitar sumur.
4. Untuk sumur gali, sampel diambil pada kedalaman 20 cm di bawah permukaan air dan/atau 20 cm di atas dasar sumur dengan berhati-hati agar tidak tercampur dengan tanah. Untuk sumur bor dengan pompa tangan atau mesin, sampel langsung diambil dari keran atau mulut pompa tempat keluarnya air yang biasa digunakan langsung untuk keperluan sehari-hari
5. Sampel air yang telah diambil pada lima titik langsung dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pemeriksaan kualitas air.
 - Pemeriksaan pre test
 - Perlakuan berbagai Ketebalan
 - *Post test*

HASIL PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di rumah warga RT. 13 RW. 03 Kelurahan Rawa Makmur, Kecamatan Muara Bangkahulu dan Bengkel Kerja Jurusan Kesehatan Lingkungan pada bulan September sampai dengan November 2019, bertujuan untuk mengetahui efektivitas kombinasi limbah sekam padi dan limbah kulit kapuk sebagai adsorben untuk

menurunkan kadar besi (Fe). Hasil pengukuran kadar besi (Fe) pada berbagai ketebalan media disajikan dalam bentuk data yang akan diuji secara statistik.

Tabel 1. Distribusi Rata-Rata Penurunan Kadar Fe

Variabel	Parameter			
	Fe			
	Mean	SD	95% CI	P Value
Ketebalan			1.43145-	
20 Cm	1.77167	0.324186	2.11188	
			0.21982-	
30 Cm	0.58333	0.346393	0.94685	
			0.20841-	0,0005
50 Cm	0.44650	0.226872	0.68459	
			4.83000-	
Kontrol	4.83000	0.000000	4.83000	

Rata-rata penurunan kadar Fe pada ketebalan 20 cm adalah 1.77167 dengan standar deviasi 0.324186. Pada ketebalan 30 cm rata-rata penurunan kadar Fe adalah 0.58333 dengan standar deviasi 0.346393. pada ketebalan 50 cm rata-rata penurunan kadar Fe adalah 0.44650 dengan standar deviasi 0.226872. pada kontrol rata-rata penurunan kadar Fe adalah 4.83000 dengan standar deviasi 0.000000. Hasil uji statistik didapat nilai $p=0,0005$, berarti pada alpha 5% dapat disimpulkan ada perbedaan penurunan kadar Fe diantara empat variabel ketebalan media.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian terlihat bahwa telah terjadi penurunan konsentrasi pada setiap parameter yang diteliti. Konsentrasi Fe (Besi) pada air baku 4.830 mg/l turun menjadi 0.44650 mg/l (90,75%).

Hasil uji *One way Anova* diketahui bahwa masing-masing perlakuan dengan menggunakan variasi ketebalan kombinasi limbah sekam padi dan limbah kulit kapuk terhadap penurunan kadar besi (Fe) memiliki penurunan yang berbeda-beda. Hasil analisis univariat menunjukkan bahwa perlakuan ketiga memiliki tingkatan penurunan yang

paling efektif. Semakin tebal kombinasi limbah sekam padi dan limbah kulit kapuk yang digunakan maka semakin efektif dalam menurunkan kadar besi (Fe).

Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa kandungan Fe pada penyaringan dengan menggunakan kombinasi limbah sekam padi dan limbah kulit kapuk pemeriksaan *control* adalah 4.830 mg/l dan hasilnya terjadi penurunan sekitar 90,75%. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi limbah sekam padi dan limbah kulit kapuk berpengaruh terhadap penurunan kadar Fe dalam air.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Penurunan kadar Fe menggunakan variasi ketebalan kombinasi limbah sekam padi dan limbah kulit kapuk 20 cm sebesar 1,77167 mg/l (63,32%). Penurunan kadar Fe menggunakan variasi ketebalan kombinasi limbah sekam padi dan limbah kulit kapuk 30 cm sebesar 0,58333 mg/l (87,92%). Penurunan kadar Fe menggunakan variasi ketebalan kombinasi limbah sekam padi dan limbah kulit kapuk 50 cm sebesar 0,44650 mg/l (90,75%)
2. Variasi ketebalan paling efektif untuk menurunkan kadar Fe dengan ketebalan 50 cm dapat menurunkan kadar Besi (Fe) hingga 90,75%

SARAN

Untuk peneliti selanjutnya diharapkan menggunakan variasi ketebalan lainnya dan menggunakan lama waktu kontak sehingga didapat hasil yang lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

Adeko,2017. Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dengan Kombinasi

- Limbah Batubara Dan Limbah Tempurung Kemiri Di Sumur Gali Warga Padang Serai Kota Bengkulu. *Journal Of Nursing And Public Health Volume 5 No. 2 Desember 2017*. Universitas Dehasen
- Arifin. 2007. Tinjauan dan Evaluasi Proses Kimia (Koagulasi, Netralisasi, Desinfeksi) Instalasi Pengolahan Air Minum Cikokol, Tangerang. Tangerang : PT.Tirta Kencana Cahaya Mandiri.
- Barani AM. 2006. Pedoman Budidaya Kapuk. Jakarta (ID): Direktorat Budidaya Tanaman Tahunan, Dirjen Perkebunan
- Chandra B. 2007. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: EGC
- Daud dan Rosman, 2002, Penyediaan air Bersih, Jurusan Kesehatan Lingkungan FKM Unhas Makasar.
- Febrina dkk, 2015. Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik. *Jurnal Teknologi Volume 7 No. 1 Januari 2015*. Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Faizal, dkk. 2018. Pembuatan Briket Dari Campuran Limbah Plastik Ldpe Dan Kulit Buah Kapuk Sebagai Energi Alternatif. *Jurnal Teknik Kimia No. 1, Vol. 24, Januari 2018*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
- J,F,Gabriel. 2001. *Fisika Lingkungan*. Hipokrates. Jakarta
- Jubaidi. 2017. Filterisasi Air Bersih Dengan Rangkaian Carbon Aktif Dan Cartridge Dalam Penyediaan Air Bersih Pada Tatanan Rumah Tangga Di Kelurahan Padang Serai Kota Bengkulu. Laporan Pengabmas Jurusan Kesehatan Lingkungan. Poltekkes Kemenkes Bengkulu.
- Kamarati, dkk. 2018. Kandungan Logam Berat Besi (Fe), Timbal (Pb) Dan Mangan (Mn) Pada Air Sungai Santan. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa Vol.4 No.1, Juli 2018: 49-56*. Universitas Mulawarman.
- Kurniawati dkk, 2017. Pasir Vulkanik sebagai Media Filtrasi dalam Pengolahan Air Bersih Sederhana untuk Menurunkan Kandungan Besi (Fe), Mangan (Mn) dan Kekeruhan Air Sumur Gali. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan Vol. 9, No.1, Agustus 2017, pp.20-25*. Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.
- M, Fajar BL. 2014. Pemanfaatan Kulit Kapok Sebagai Karbon Aktif Untuk Penyerapan Logam Cu Dan Cr Pada Limbah Elektroplating. *Jurnal Teknik Kimia Vol.8, No.2, April 2014*. UPN "Veteran" Jawa Timur
- Mampuk CR, 2014. Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Kecamatan Poso Kota Sulawesi Tengah. *Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.5, Juli 2014*. Universitas Sam Ratulangi Manado
- Minfiah, S. 2013. Kualitas Fisik dan Kimia Air Sumur Gali dan Sumur Bor di Wilayah Kerja Puskesmas Guntur II Kabupaten Demak *Jurnal Kesehatan Lingkungan Vol 12 No. 2/Oktober 2013*.
- Muchjidin, 2005. *Pengendalian Mutu Dalam Industri Batubara*. Penerbit ITB, Bandung.
- Ningrum NP, Kusuma MA. 2013. Pemanfaatan minyak goreng bekas dan abu kulit buah kapuk randu sebagai bahan pembuatan sabun mandi organik berbasis teknologi ramah lingkungan. *J. Teknologi Kimia Industri. 2: 275-285*. Universitas Diponegoro Semarang
- Nelwan, 2013. Perencanaan Jaringan Air Bersih Desa Kima Bajo Kecamatan Wori. *Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.10, September 2013*. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Nunik P, & Okayadnya. Penyisihan Logam Besi (Fe) Pada Air Sumur dengan Karbon Aktif Dari Tempurung Kemiri. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan 5 (2) hal 33-41. 2015*.
- Permatasari CI, 2016. Analisis penurunan kadar besi (fe) dan mangan (mn) dalam air sumur gali dengan metode aerasi filtrasi menggunakan aerator sembur/spray dan Saringan pasir cepat. Fakultas MIPA. Universitas Halu Oleo

- Kendari.
- Permenkes RI, 2017. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 32 Tahun 2017. Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per Aqua*, Dan Pemandian Umum. Jakarta
- Pijer, 2015. Pemanfaatan Arang Aktif Dari Batubara Kotor (Dirty Coal) Sebagai Adsorben Ion Logam Mn(II) dan Ag(I). *Jurnal Pendidikan Kimia Vol.7, No.2, Agustus 2015, 40-48*. Universitas Medan.
- Pujotomo, Isworo. 2017. Potensi Pemanfaatan Biomassa Sekam Padi Untuk Pembangkit Listrik Melalui Teknologi Gasifikasi. *Jurnal Energi & Kelistrikan Vol. 9 No. 2, Juni - Desember 2017*. Sekolah Tinggi Teknik PIN.
- Said, N I. 2003. Metoda Praktis Penghilangan Zat Besi dan Mangan Di Dalam Air Minum. Jakarta : Kelair – BPPT
- Supriyantini. 2015. Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Pada Air, Sedimen, Dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis Juni 2015 Vol. 18(1):38–45*. Universitas Diponegoro Semarang
- Sutrisno, dkk. 2010. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.
- Triatmadja R, 2008. Sistem Penyediaan Air Minum Perpipaan, Yogyakarta